



О РЕГУЛИРОВАНИИ ГРОМКОСТИ

Важнейшей характеристикой качества звучания является, как известно, его естественность, или, как иногда говорят, аерность. Во многом она зависит от АЧХ электроакустического тракта, которая с учетом особенностей восприятия звуков разной частоты должна быть различной при разных уровнях громкости. Достигают этой цели применением так называемых тонкомпенсированных регуляторов, автоматически, одновременно с уменьшением или увеличением громкости изменяющих АЧХ усилительного устройства.

Для того чтобы тонкомпенсация была верной, максимальная громкость, получаемая в крайнем положении регулятора, должна быть вполне определенной, а именно той, при которой звукорежиссер производил музыкальную балансировку в процессе работы над фонограммой.

Об этом, а также о некоторых других особенностях регулирования громкости рассказывается в публикуемой здесь статье.

А. ТЕРЕХОВ

Человеческое ухо способно воспринимать очень большой диапазон звуковых давлений: от нескольких миллионных долей паскаля, когда звук едва различим, до нескольких десятков паскалей, когда возникают болевые ощущения. Чувствительность уха зависит от величины звукового воздействия и при его отсутствии (условие трудно выполнимое) максимальна. Слуховым ощущением в этом случае является шум самовозбуждения нервных окончаний, максимально проявляющийся в промежутках между ударами пульса, совпадающих с паузами дыхания, так как кровеносная и дыхательная системы являются источниками звука.

За порог слышимости, т. е. минимальное звуковое давление, при котором звук может ощущаться ухом, на частоте 1 кГц принято звуковое давление $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Для удобства отсчета уровней звукового давления в децибелах условимся считать эту величину нулевым уровнем звукового давления, а соответствующую ему громкость — нулевым уровнем громкости на частоте 1 кГц.

Понятие уровня громкости является искусственным, введенным для отражения связи с уровнем звукового давления. Для частоты 1 кГц он численно равен уровню звукового давления в децибелах, отсчитываемому от нулевого уровня. Единица уровня громкости — фон. Одинаковой громкости звука на разных частотах соответствуют разные уровни звукового давления, т. е. чувствительность уха зависит от частоты.

Графически эта зависимость представляется широко известными кривыми равной громкости.

При непродолжительном слушании предельно допустим уровень громкости 90 фон (большие уровни громкости нежелательны, так как в зависимости от продолжительности воздействия они вызывают временные или постоянные нарушения слуха. Кроме того, на уровнях выше 80 фон заметно возрастают вносимые ухом нелинейные искажения).

В процессе записи фонограмм звукорежиссеры производят музыкальную балансировку в соответствии с чувствительностью уха. Международная организация радиовещания и телевидения ОИРТ для музыкальной балансировки рекомендует уровень громкости 86 фон (в большинстве музыкальных программ она произведена на уровнях громкости не выше 90 фон). В последнее время высказываются предложения в качестве нормы для музыкальной балансировки использовать, вероятно, наилучший для прослушивания уровень громкости 74 фон.

Прослушивая музыкальные программы на уровнях громкости, меньших уровня музыкальной балансировки (а именно с такими уровнями чаще всего имеет дело слушатель), необходимо, ориентируясь на кривые равной громкости, компенсировать соответствующие различия в чувствительности уха. Этот процесс принято называть тонкомпенсацией. Так, если балансировка производилась на уровне 90 фон, то компенсация должна осуществляться в соответствии с кривыми, по-

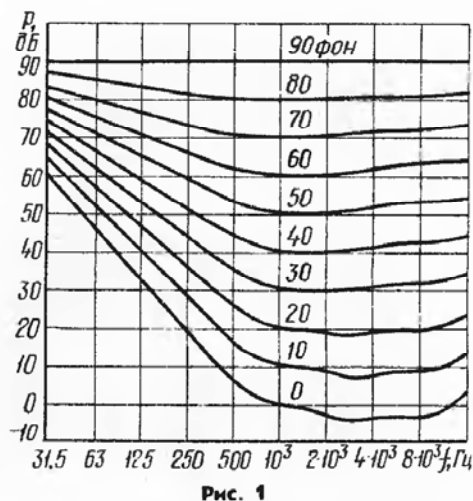


Рис. 1

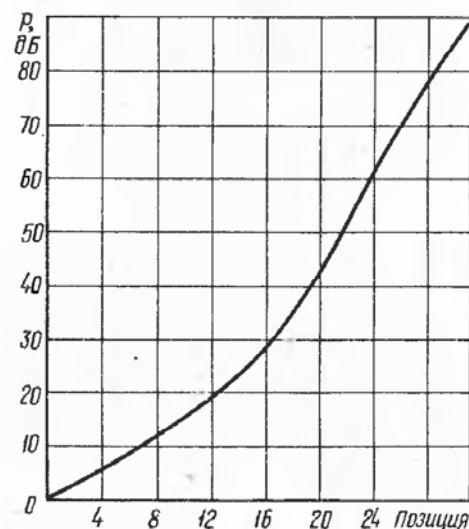


Рис. 2

Позиция переключателя	Уровень сигнала и звукового давления, дБ; уровень громкости, фон
1	0
2	1,5
3	3
4	4,5
5	6
6	7,5
7	9
8	10,6
9	12,2
10	13,8
11	15,4
12	17,1
13	18,9
14	20,9
15	23,1
16	25,5
17	28,2
18	31,2
19	34,6
20	38,6
21	43
22	47,6
23	52,3
24	57
25	61,6
26	66
27	70,2
28	74,3
29	78,3
30	82,2
31	86,1
32	90

казанными на рис. 1, причем это будет максимально возможная компенсация.

При регулировании громкости желательно, чтобы ее относительное изменение было равномерным при перемещении или повороте ручки регулятора. Проиллюстрируем это на примере регулировочной характеристики ступенчатого регулятора громкости. В таблице представлена зависимость уровня сигнала на выходе такого регулятора от положения его переключателя. Характер этой зависимости иллюстрируется рис. 2. Число позиций переключателя — 32, число шагов — 31. В этом регуляторе относительное изменение громкости на один шаг регулирования равно $2\frac{1}{2}$, на два — 2 (исключение составляют лишь несколько первых шагов — при минимальных уровнях громкости). Если относительное изменение громкости выразить в децибелах, то шаг изменения громкости составит 3 дБ. Можно заметить, что по сути дела рис. 2 иллюстрирует связь уровня громкости с громкостью.

Чтобы тонкомпенсация была верной, а изменение громкости равномерным, необходимо, чтобы определенное положение регулятора обеспечивало в точке прослушивания соответствующий уровень громкости. Так, если регулятор громкости стоит в положении максимальной громкости, то в точке прослушивания должен обеспечиваться уровень громкости 90 фон.

Приведение уровня звукового сигнала к требуемому значению легко осуществимо при наличии в усилителе отдельных (для каждого входа) установочных регуляторов уровня и индикатора уровня выходного сигнала. Для калибровки индикатора используют шумомер или откалиброванные по нему микрофон с усилителем. Делают это так. На вход усилителя, каналы которого предварительно сбалансированы (левый и правый громкоговорители должны создавать в точке прослушивания одинаковый уровень звукового давления), подают сигнал частотой 1 кГц. Его напряжение устанавливают таким, чтобы в положении регулятора, соответствующем максимальной громкости, показания находящегося в точке прослушивания шумомера соответствовали заданному максимальному значению (в приведенном примере это 90 дБ). Чувствительность индикатора устанавливают такой, чтобы его показания соответствовали этому значению.

При прослушивании музыкальных программ установочными регуляторами уровня на входах усилителя добиваются того, чтобы в положении основного регулятора, соответствующем максимальной громкости, показания индикатора приближались к максимальному значению, но не превышали его.

г. Москва

ЭКОНОМИЧНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

А. ГЛУШКОВ

Одной из важнейших задач, которые приходится решать конструктору при разработке усилителя НЧ для малогабаритного приемника, является обеспечение возможно более высокого КПД, что очень важно с точки зрения увеличения срока службы источника питания. При сопротивлении нагрузки, равном 8 Ом, приемлемый (около 60%) КПД позволяют получить усилители НЧ с трансформаторным выходом и бестрансформаторные усилители с автотрансформатором в цепи нагрузки.

На практике бестрансформаторные усилители чаще всего выполняют по ставшей уже классической схеме с параллельным возбуждением однофазным напряжением [1].

Такие усилители имеют низкую температурную стабильность и недостаточный коэффициент усиления по напряжению, который к тому же существенно зависит от изменения напряжения питания (при разряде батареи на 40% коэффициент усиления снижается на 3...4 дБ). От этих недостатков свободен усилитель, описание которого и предлагается вниманию читателей. К его достоинствам следует отнести малую зависимость параметров от разброса коэффициентов передачи тока транзисторов и температуры окружающей среды. Параметры практически не меняются при колебаниях температуры от -10 до $+50$ °С.

Основные технические характеристики

Максимальная выходная мощность, мВт, при сопротивлении нагрузки 8 Ом	180
Номинальный диапазон частот на уровне —6 дБ, Гц	100...15 000
Коэффициент гармоник при выходном напряжении 1 В, %, на частоте, 1000 Гц	0,6
Коэффициент усиления по напряжению при напряжении питания 9 В	85

Снижение коэффициента усиления, дБ, при разряде батареи до 5,4 В	0,5
Ток покоя, мА	3,5
КПД, %	60

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1. Выходной каскад выполнен на транзисторах V3—V6 по схеме, описанной в [2]. В течение отрицательного полупериода входного напряжения (на базе транзистора V3) ток нагрузки управляют транзисторы V6, V5 (V4 закрыт), а в течение положительного — транзистор V4 (V6, V5 закрыты). Благодаря тому, что током нагрузки управляют однотипные транзисторы, а сам выходной каскад охвачен 100%-ной ООС (с выхода усилителя на эмиттер транзистора V3), оказалось возможным без ущерба для линейности усилителя снизить глубину общей ООС (с выхода на вход усилителя) и получить высокий (80...90) коэффициент усиления усилителя по напряжению при наличии всего двух каскадов предварительного усиления на транзисторах V1, V2. Включенный параллельно эмиттерному переходу транзистора V4 конденсатор C6 предотвращает самовозбуждение усилителя НЧ на высоких частотах в момент перехода напряжения сигнала через нулевое значение. Конденсатор C5, шунтирующий коллекторный переход транзистора V2, ограничивает полосу пропускания усилителя частотой около 15 кГц на уровне —6 дБ, что необходимо для исключения наводок на магнитную антенну при работе приемника в диапазоне ДВ.

В усилителе использованы транзисторы со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21Э} = 100...250$. Можно применить приборы и с большим разбросом этого параметра (от 50 до 350), поскольку, как показали испытания, да-

Рис. 1

